

## 光도와 溫度가 人蔘의 光合成 및 呼吸에 미치는 影響

李 鍾 華

韓國人蔘煙草研究所

(1988년 4월 1일 접수)

### Effect of Light Intensity and Temperature on the Photosynthesis and Respiration of *Panax spp*

Chong-Hwa Lee

Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Daejeon 302-345, Korea

(Received April 1, 1988)

#### Abstract

This study was conducted to investigate the effect of light intensity and temperature on the photosynthesis and respiration of ginseng plant. Highly significant, second degree curvilinear regressions were recognized among the photosynthesis of ginseng leaves, light intensity and temperature. And an interaction between the effects of light intensity and temperature on the photosynthesis of ginseng leaves was found to be highly significant. The increasing rate of photosynthesis with the increase of light intensity was markedly decreased with increasing temperature. The light compensation point of ginseng leaves was significantly varied with temperature, and the average point was approximately 600 lux. The light saturation point of Korean ginseng was 11,000 lux at 15 °C and 20 °C and around 9,500 lux at above 25 °C. The decreasing rate of photosynthesis with the increase of temperature significantly increased with increasing light intensity. The optimum temperature for the photosynthesis of ginseng leaves was about 15 to 22 °C and markedly decreased with increasing light intensity. The highest photosynthesis occurred in ginseng leaves grown with the shade of 15% transmittance. The respiration of ginseng leaves increased with the shade of 5% and/or 30% transmittance. High temperature stimulated the respiration of ginseng leaves. Percent respiration to photosynthesis of ginseng leaves grown with the shade was increased at high temperature and decreased with increasing light intensity. It was also increased with increasing transmittance. The maximum CO<sub>2</sub> absorption of ginseng leaves grown with the shade of 5% and 15% transmittance occurred at 9 o'clock a.m., whereas that of 20% transmittance occurred at 7-9 o'clock a.m. The duration of CO<sub>2</sub> absorption was distinctively long with the shade of high transmittance. The CO<sub>2</sub> compensation point in the photosynthesis of ginseng leaves was 130 ppm.

## 서 론

人蔘은 오랫동안 東洋에서 靈藥材로서 利用되어 왔고, 最近 藥理效能面 뿐만 아니라 健康食品으로 西歐諸國에서도 脚光을 받고 있다. 그러나 人蔘은 貴重한 藥用植物로 認識되어 왔으면서도 人蔘에 關한 植物生理學的의面이나 栽培學的인 面에서 研究가 매우 未洽하다. 이는 日覆이라는 特殊環境에서 4~6年間의 生育期間이 所要되므로 實驗材料로서의 活用に 많은 制約을 받기 때문인 것으로 생각된다. 人蔘의 栽培法은 先人들이 開發한 이래 現在도 그들이 開發한 그대로의 日覆下에서 栽培法을 踏襲하고 있다. 즉 陰地性 植物인 人蔘은 慣行日覆下의 光度만이 絶對的인 生育制限要因으로 생각되어 왔다.

人蔘의 最適光度에 關한 報文으로는 金<sup>1)</sup>은 光量이 많은 第1列에서 陽葉의 光飽和點은 10 Klux인데 比해 光量이 적은 4列에서 生長한 陰葉의 光飽和點은 4 Klux였다면서 光合成率과 呼吸率이 第4列보다 第1列이 높다고 하였다. 栗林 等<sup>2)</sup>은 人蔘生育에 있어서 最適光度는 自然光의 5~10%로서 平均光度로는 2,000~4,000 lux라고 하였고, 宮澤<sup>3)</sup>은 人蔘의 生育에 適當한 光量은 3,000~4,000 lux로서 光飽和點은 낮다고 하였다. 그러나 現在 慣行日覆下에서의 人蔘의 生育은 栽植位置에 따라 그 生育의 現저한 差異가 나타난다. 즉 栽植位置에 따라 光度 및 溫度의 條件이 相異하기 때문이다. 이와같이 現在의 慣行 栽培方式은 光度가 均一하지 않을 뿐 아니라 生育溫度도 栽植位置에 따라 差異가 있다. 따라서 이들이 生育의 制限要因이 된다. 다시말해서 溫도와 光度는 人蔘의 生育 및 物質生産에 있어 交互作用을 일으킨다.

溫度가 人蔘生育에 미치는 報告는 1970年代 中後半까지 人蔘의 生理, 生態에 關한 研究는 胚의 發育과 種子의 發芽 및 光이 人蔘의 生育 및 收量에 미치는 研究<sup>4-9)</sup>일뿐, 氣溫이나 地溫의 影響에 研究는 거의 없었다. 1964年 金<sup>10)</sup>은 列에 關係없이 즉 日覆內 光量에 關係없이 25°C가 光合成에 있어 最適溫度라고만 하였으며 Kuribayashi 등<sup>11)</sup>은 溫室內의 경우 人蔘栽培 期間中의 溫度가 平均 25°C ± 5.38°C 보다 높았을 때 生長이 不良했다고 報告한 바 있다. 그러나 이들 研究에서 溫度가 光度못지않게 重要한 生育制限要因이라는 點은 전혀 고려하지 않았다. 그리고 溫도와 光度間의 交互作用에 對해서도 전혀 研究된 바가 없었다.

1978年 曹<sup>12)</sup>은 人蔘의 胚培養, 苗蔘의 莖 伸張 및 展葉에 있어 17~21°C에서는 兩者가 모두 正常的이었으나 25°C에서 胚를 培養할 때 莖의 伸張이 抑制되었고 苗蔘의 경우는 發芽後 莖의 伸張 및 展葉이 抑制되었으며 29°C에서는 거의 展葉되지 않았고, 되었다 하더라도 葉脈 周邊부터 葉綠素가 退化되어 枯死한다고 했다. 즉 溫度도 光度못지않게 重要한 生育制限要因을 提示하였다.

Leonard<sup>13)</sup>은 20°C까지는 人蔘의 胚生育이 正常이다. 5~10°C에서는 거의 伸張되지 않았고 反面 30°C에서는 거의 腐敗하였다고 報告한 바 있다.

1979年 朴<sup>14)</sup>은 人蔘의 溫度에 對한 生理的 反應을 古文獻 및 栽培農家의 經驗을 土臺로 調査하여 光線은 必要하나 高溫을 忌避하는 作物로서 溫度의 重要性을 指摘했고, 朴 等<sup>15)</sup>은 光合成 最適光度는 25°C에서 25 Klux, 그리고 25 Klux에서의 光合成 最適溫度는 2年根의 경우 15°C였고 6年根에서는 20~22°C였으며 25°C까지는 溫度의 上昇에 따라 暗呼吸이 거의 直線的으로 增加한다고 했다. 또한 朴<sup>16)</sup>은 光度에 따라 人蔘葉中 saponin 含量에 差異가 있고 溫度의 差異에 따라 光補償點도 달라진다고 했다. 李 等<sup>17)</sup>에 依하면 20°C에 比해 30°C에서 光合成量이 현저히

減少되었고 또 20°C에서는 35 Klux까지 光度가 增加됨에 따라 光合成量이 增加하였다. 30°C에서는 26.3 Klux일 때 光合成量이 가장 많다고 하였다.

本 研究는 溫度와 光度를 體系의으로 究明하고자 人蔘의 栽培環境改善의 基礎條件, 즉 溫度 및 光度가 人蔘의 光合成 및 呼吸에 미치는 生理的인 特性을 單純效果面에서 檢討하고 다시 이들 要因間의 交互作用을 多角的으로 分析하여 몇가지 知見을 얻었기에 報告하는 바이다.

## 재료 및 방법

本 試驗은 1980년부터 1982년까지 3箇年에 걸쳐 忠北 槐山郡 曾坪邑에 位置한 韓國人蔘煙草 研究所 曾坪人蔘試驗場의 試驗圃場(pH: 5.5, 有機物: 1.74%, 有效燐酸: 98.9 ppm, 置換性 K: 0.18 me/100g, Ca: 2.41 me/100g, Mg: 1.08 me/100g)에서 實施하였다.

本 實驗에 供試한 人蔘(*Panax ginseng*)은 紫莖種 및 黃熟種이고 美國 蔘(*Panax quinquefolius*)도 비교하였다.

光量處理는 5, 10, 15, 20, 30%로 區分 Polyester로 만든 白色 不織布로 被覆하여 光量을 調節하였으며 5% 區만은 慣行日覆으로 하였다. 光量은 맑은날 12時頃에 露地照度에 對한 日覆內 3行의 照度を 基準으로 調節하였으며 照度計(Takemura DM-28)로 測定하였다.

光合成 및 呼吸測定은 光量處理 各區, 모두 3行에서 그리고 溫度 및 光度別 光合成은 phytotron(Koitotron HNL 25 A-5)에서 各各 掌葉 1個式만을 30×20×3.5 cm 透明 acryl chamber에 넣어서 植物同化作用 測定裝置(Horiba ASSA-1610)로 測定하였다. 人蔘과 比較하기 위하여 5月 14일에 옥수수, 무우, 콩을 播種하고 光合成과 呼吸量을 8月 28일에 20°C에서 測定하였다.

CO<sub>2</sub> 濃度別 光合成測定은 慣行日覆(5% 區)에서 生育시킨 人蔘葉을 使用하였으며 低濃度の CO<sub>2</sub> 處理는 50% NaOH 溶液에 空氣를 繼續循環시켜 光合成測定 箱內에 CO<sub>2</sub> 濃度を 70 ppm까지 내린후 大氣中의 空氣를 서서히 들어가게하여 CO<sub>2</sub> 濃度を 300 ppm까지 增加시키면서 光合成量을 測定하였고, 高濃度の CO<sub>2</sub> 處理는 光合成測定 箱內에 CO<sub>2</sub> gas를 600 ppm까지 올린후에 大氣中의 空氣를 서서히 넣어 CO<sub>2</sub> 濃度を 300 ppm까지 減少시키면서 光合成을 測定하였다.

## 결과 및 고찰

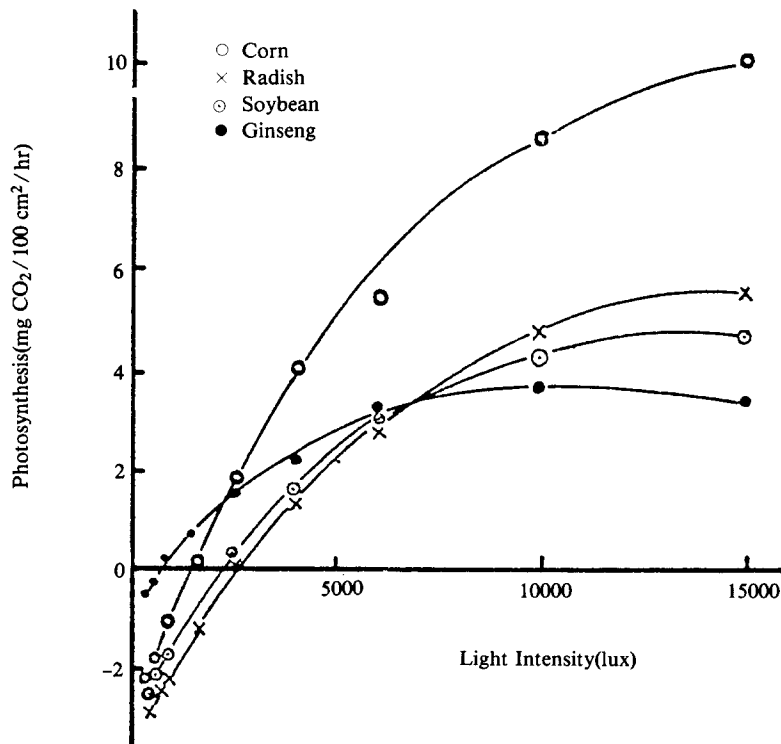
人蔘의 光合成에 미치는 光度의 影響을 다른 作物과 比較하고자 콩, 무우와 옥수수의 光度에 따르는 光合成을 各各 測定하였으며 그 結果는 Fig.1 및 Table 1에서 보는 바와 같다. 光度의 增加에 따르는 各 作物의 光合成量은 모두 高度로 顯著한 2次 曲線的인 變異를 나타내었다. 2次 曲線式에 依한 光補償點을 算出한 結果 콩 및 무우는 2,500 lux 以上이었고 옥수수가 1,578 lux였다. 人蔘은 이들의 1/3~1/4에 불과한 681 lux였는데 光度의 增加에 따르는 光合成量의 semilogarithmic regression에 依한 增加率은 옥수수가 7.81로서 가장 높았고 다음이 무우와 콩이었으며 人蔘은 2.78로서 他作物의 1/2~1/3에 不過하였다.

紫莖種 人蔘의 溫度別 日覆下의 光量別, 年根別 그리고 蔘의 種別 光度의 增加에 따르는 光合成의 變異 傾向은 Fig.2에서 보는 바와 같다. 溫度別로는 20°C와 25°C에서 比較하였던 兩者의 光補償點은 約 500 lux 附近으로 有意差가 없었으나, 25°C에 비해 20°C에서 光度의 增

加에 따르는 光合成의 增加率이 높았으며 日覆內 透光率間에도 光補償點이 모두 500 lux 附近으로 兩者間에 뚜렷한 差異가 없었다. 5% 透光率의 日覆下에서 生育시킨 陰葉보다 30% 透光率의 日覆下에서 生育시킨 陽葉에서 光量의 增加에 따르는 光合成 增加率이 顯著히 높았다. 3年根과 4年根間에도 光補償點에서의 有意差는 없었으나, 光量增加에 따르는 光合成 增加率은 3年根에서 높은 傾向이었고, 種別로도 亦是 光補償點의 差異가 없었으며, 光度增加에 따르는 光合成의 增加率도 2.24내지 2.45로서 差異가 아주 적은 結果를 보였다.

**Table 1.** Regression analysis between intensity and photosynthesis of several crops including Korea ginseng

Crops	Regression		Light compensation point(lux)	Increasing rate of photosynthesis (mg CO <sub>2</sub> /100cm <sup>2</sup> /hr/ log lux)
	Equation	R <sup>2</sup>		
Soybean	$Y = -2.699 + 1.145(10^{-3})X - 4.40(10^{-8})X^2$	0.9950**	2621	4.59
Radish	$Y = -3.262 + 1.289(10^{-3})X - 4.73(10^{-8})X^2$	0.9936**	2820	5.46
Corn	$Y = -2.736 + 1.840(10^{-3})X - 6.68(10^{-8})X^2$	0.9957**	1578	7.81
Ginseng	$Y = -0.556 + 8.43(10^{-4})X - 3.89(10^{-8})X^2$	0.9832**	681	2.78



**Fig. 1.** Effect of light intensity on the photosynthesis of several crops including Korea ginseng.

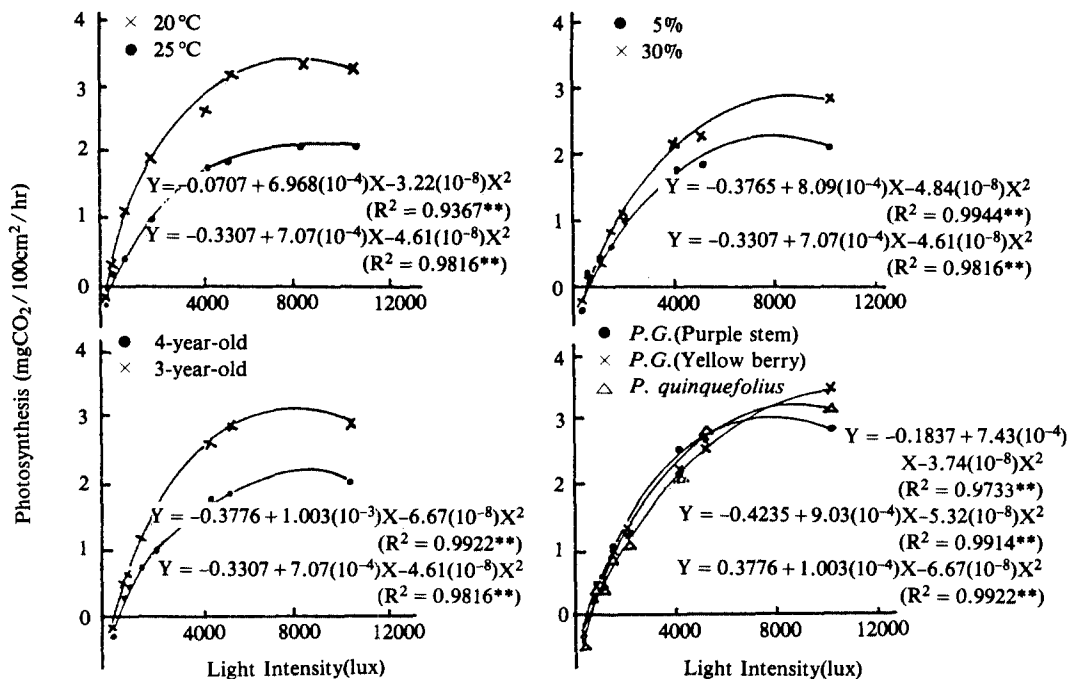


Fig. 2. Effects of light intensity on the photosynthesis of Panax leaves.

紫莖種, 黃熟種 그리고 美國 蔘을 對象으로 日覆의 透光率에 의한 光合成에 미치는 影響을 調査한 結果는 Table 2에서 보는 바와 같으며 이들 成績의 分散分析結果는 Table 3에서 보는 바와 같다. 먼저 紫莖種의 分散分析結果를 보면 溫度와 光度의 單純效果에서는 各各 高度의 有意差가 認定되어 20°C 및 10,000 lux에서 光合成量이 가장 많았고, 35°C 및 2,000 lux에서 各各 顯著한 光合成量의 低調를 나타내었으나 日覆 透光率의 單純效果에서는 有意差가 전혀 認定되지 않았다. 한편 交互作用에서는 溫度와 日覆透光率間에 交互作用이 認定되지 않아 透光率의 多少에 關係없이 溫度의 差異에 따르는 光合成 變異傾向은 同一함을 나타내었다. 그러나 光度와 透光率 그리고 溫度와 光度間의 交互作用에는 各各 高度의 有意성이 認定되었다. 日覆下의 透光率 卽 人蔘잎의 光에 對한 硬化程度에 따라 光合成量의 光度에 따르는 變異傾向이 各各 다르며 溫度의 高低에 따라서도 光度에 따르는 人蔘잎의 光合成量이 보이는 變異傾向은 顯著한 差異가 있음을 나타내었다. 溫度, 光度 및 日覆下의 透光率의 三者間 交互作用은 전혀 有意성이 認定되지 않았다.

한편 黃熟種과 美國人蔘의 溫度, 光 및 日覆下의 透光率에 따르는 光合成量에 있어서는 兩者 모두 溫度, 光 그리고 日覆下의 透光率의 單純效果에 高度의 有意差가 認定되었다. 또 透光率과 溫度 그리고 溫度와 光度間의 交互作用에서도 모두 高度의 有意성이 認定되었으나 溫度, 光 및 透光率의 三者間 交互作用에는 두種 모두 有意성이 認定되지 않았다. 이 試驗의 結果에서 種別로 各 處理溫度 및 日覆下의 透光率에서 光度의 增加에 따르는 人蔘잎의 光合成의 變異傾向을 究明하고자 2次 曲線回歸式을 求하고 이 式에 依해 各 條件下에서의 光飽和點과 最大 光合成量에 必要한 光度를 算出하는 한편 semi logarithmic regression coefficient를 求하여

**Table 2.** Effects of temperature, light intensity and shading on the photosynthesis of Panax  
(mgCO<sub>2</sub>/100cm<sup>2</sup>/hr)

Ginseng Species	Temperature (°C)	L.T.R.*											
		5%				15%				30%			
		Light intensity(lux)				Light intensity(lux)				Light intensity(lux)			
		2000	5000	10000	15000	2000	5000	10000	15000	2000	5000	10000	15000
<i>P. ginseng</i> (Red berry)	15	0.52	2.57	4.01	3.91	1.08	2.85	3.93	3.42	1.55	2.49	4.75	3.11
	20	0.82	3.00	4.09	3.47	1.34	2.83	4.05	3.56	1.54	2.32	4.04	3.87
	25	0.62	2.85	3.86	2.95	1.20	2.55	3.75	3.07	1.38	2.00	3.63	3.07
	30	0.41	2.73	3.03	1.72	0.80	2.26	3.33	2.29	0.92	1.52	2.93	1.98
	35	0.20	2.31	1.91	1.00	0.26	1.43	2.55	1.67	0.45	1.06	2.25	0.91
	Mean	0.51	2.18	3.38	2.61	0.94	2.38	3.52	2.80	1.17	1.88	3.52	2.59
<i>P. ginseng</i> (Yellow berry)	15	0.64	2.87	3.19	3.29	0.95	2.93	3.89	3.89	0.83	2.07	3.11	2.49
	20	1.05	2.96	3.27	3.27	1.13	2.93	3.96	4.24	1.03	2.10	3.09	1.85
	25	0.95	2.94	3.68	3.26	1.78	2.81	3.84	4.13	0.41	1.84	2.46	0.82
	30	0.73	2.92	3.24	2.61	0.84	1.86	2.71	1.86	0.03	1.63	1.83	0.41
	35	0.62	2.49	2.91	2.08	0.65	1.58	1.67	1.21	0.03	1.01	1.21	0.41
	Mean	0.79	2.84	3.26	2.90	1.07	2.42	3.21	3.07	0.47	1.73	2.34	1.20
<i>P. quinquefolius</i>	15	0.44	3.32	4.61	3.55	1.30	3.54	4.60	3.77	1.16	1.59	1.87	1.44
	20	1.10	2.86	4.40	3.08	1.29	3.28	4.69	4.10	1.15	1.29	1.72	1.29
	25	0.87	2.62	4.15	2.40	1.17	3.03	4.43	3.50	1.28	1.28	1.57	1.14
	30	0.65	2.16	3.26	1.30	0.93	2.20	2.32	0.93	0.56	1.28	1.13	0.56
	35	0.32	1.29	1.73	0.43	0.58	0.81	0.92	0.58	0.14	0.28	0.42	0.14
	Mean	0.67	2.45	3.63	2.15	1.05	2.57	3.39	2.58	0.86	1.14	1.34	0.83

\*L.T.R.: Light transmittance rate.

**Table 3.** Analysis of variance for ginseng species

Source of variance	DF	Mean square		
		<i>P. ginseng</i> (P.S.)	<i>P. ginseng</i> (Y.B.)	<i>P. quinquefolius</i>
Block	2	11.0764**	3.0172**	17.8740**
Treatment	59	4.2456	4.0171**	5.2738**
Temperature(T)	4	15.9368**	10.8272**	25.0865**
Light intensity(L)	3	53.1558**	37.8263**	27.6236**
Shading(%)	2	0.2835	19.8440**	31.1641**
Interaction(T×S)	8	0.1492	1.5776**	1.4590**
Interaction(L×S)	6	1.4106**	2.0640**	4.2351**
Interaction(T×L)	12	0.9680**	0.8685**	1.5935**
Interaction(T×S×L)	24	0.2265	0.2134	0.3919
Error	118	0.1333	0.1675	0.2843

P.S.: Purple stem

Y.B.: Yellow berry

直線式으로 나타내어 光度 增加에 따르는 光合成 增加率을 求하였던 바 그 結果는 Table 4에서 보는 바와 같다. 供試人蔘의 種 및 品種에서 溫度 및 日覆下의 透光率別 光合成量의 增加 傾向은 모두 2次 曲線回歸에 高度로 顯著한 適合度를 보였던 바 光補償點과 最大光合成 光度의 推定值를 보면 紫莖種과 黃熟種에서는 共히 20°C 및 25°C에서 낮은 光補償點을 보였던 反面

30°C 및 35°C에서는 顯著히 光補償點이 增加되었고 美國種에서는 뚜렷한 傾向을 보이지 않았다. 한편 紫莖種에서는 5% 透光日覆下에서 生育시킨 잎의 光補償點이 15% 및 30%보다 顯著히 높았으며 黃熟種과 美國種에서는 뚜렷한 傾向을 보이지 않았다.

한편 最大光合成 光度는 紫莖種, 黃熟種 및 美國種의 各 溫度 및 透光率에서 大體로 10,000 lux 内外였는데 紫莖種과 黃熟種에서는 20°C 乃至 15°C에서 最大光合成 光度가 11,000 lux 附近으로 높았고 25°C 以上の 高溫에서는 9,500 lux 内外 或은 그 以下로 最大光合成을 가져오는 光度가 顯著히 낮았으며 美國種에서는 一定한 傾向을 보이지 않았다. 또한 光度의 增加에 따르는 光合成의 增加率은 3個 供試種에서 모두 低溫에서 3.0 内外로 顯著히 높았고 高溫으로 갈수록 顯著히 낮아져 35°C에서는 0.25 乃至 1.39로 減少되었다.

한편 Table 2의 成績을 各 供試種別로 各 處理光度 및 日覆下の 透光率에서 溫度의 增加에 따르는 人蔘잎의 光合成量이 나타내는 減少傾向을 究明하고자 亦是 2次 曲線回歸式을 求하고

Table 4. Relation between light intensity and photosynthesis of *Panax* leaves at different temperature

Panax species	Temper-L. T. R.* ature		Regression Equation	R <sup>2</sup>	Increasing rate of photosynthesis (mg CO <sub>2</sub> /100cm <sup>2</sup> /hr /log lux)	Light compensation point(lux)	Light saturation point(lux)
	(°C)	(%)					
<i>P. ginseng</i> (Red berry)	15	5	$Y = -1.047 + 8.66(10^{-4})X - 3.72(10^{-8})X^2$	0.9968	4.16	1278	11640
		15	$Y = -0.332 + 8.02(10^{-4})X - 3.69(10^{-8})X^2$	0.9965	3.00	422	10870
		30	$Y = -0.406 + 9.26(10^{-4})X - 4.55(10^{-8})X^2$	0.8794	2.66	448	10171
		Mean	$Y = -0.595 + 8.72(10^{-4})X - 3.99(10^{-8})X^2$	0.9945	3.27	705	10921
	20	5	$Y = -0.806 + 9.46(10^{-4})X - 4.42(10^{-8})X^2$	0.9897	3.37	889	10701
		15	$Y = -0.010 + 7.48(10^{-4})X - 3.33(10^{-8})X^2$	0.99988	2.88	14	11228
		30	$Y = 0.364 + 5.58(10^{-4})X - 2.13(10^{-8})X^2$	0.9619	3.04	637	13098
		Mean	$Y = -0.144 + 7.46(10^{-4})X - 3.29(10^{-8})X^2$	0.9992	3.081	195	11334
	25	5	$Y = -1.082 + 9.92(10^{-4})X - 4.84(10^{-8})X^2$	0.9891	3.07	1156	10245
		15	$Y = -0.141 + 7.21(10^{-4})X - 3.37(10^{-8})X^2$	0.9199	2.53	197	10697
		30	$Y = 0.190 + 5.54(10^{-4})X - 2.38(10^{-8})X^2$	0.9199	2.39	348	11639
		Mean	$Y = -0.343 + 7.50(10^{-4})X - 3.53(10^{-8})X^2$	0.9965	2.66	464	10701
30	5	$Y = -1.130 + 9.59(10^{-4})X - 5.10(10^{-8})X^2$	0.9442	1.87	1265	9293	
	15	$Y = -0.642 + 7.88(10^{-4})X - 3.94(10^{-8})X^2$	0.9985	2.17	851	9996	
	30	$Y = -0.283 + 5.70(10^{-4})X - 2.76(10^{-8})X^2$	0.8897	1.73	509	10331	
	Mean	$Y = -0.688 + 7.74(10^{-4})X - 3.96(10^{-8})X^2$	0.9998	1.9199	933	9766	
35	5	$Y = -0.803 + 7.14(10^{-4})X - 4.01(10^{-8})X^2$	0.7930	1.04	1206	8899	
	15	$Y = -1.031 + 6.83(10^{-4})X - 3.34(10^{-8})X^2$	0.990	2.05	1000	10229	
	30	$Y = -0.779 + 5.96(10^{-4})X - 3.19(10^{-8})X^2$	0.8767	1.11	1415	9337	
	Mean	$Y = -0.867 + 6.65(10^{-4})X - 3.52(10^{-8})X^2$	0.9990	1.391	1407	9447	
<i>P. ginseng</i> (Yellow berry)	15	5	$Y = -0.427 + 7.18(10^{-4})X - 3.19(10^{-8})X^2$	0.9005	3.03	611	11257
		15	$Y = -0.336 + 7.67(10^{-4})X - 3.26(10^{-8})X^2$	0.9807	3.52	447	11764
	30	5	$Y = -0.372 + 6.51(10^{-4})X - 3.06(10^{-8})X^2$	0.9985	3.23	588	10636
		Mean	$Y = -0.380 + 7.12(10^{-4})X - 3.17(10^{-8})X^2$	0.9756	2.92	547	11233

Table 4. Continue

Panax species	Temperature (°C)	L.T.R.* (%)	Regression		Increasing rate of photosynthesis (mg CO <sub>2</sub> /100cm <sup>2</sup> /hr/loglux)	Light compensation point(lux)	Light saturation point(lux)
			Equation	R <sup>2</sup>			
	20	5	Y = 0.093 + 6.34(10 <sup>-4</sup> )X - 2.86(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9093	2.56	660	11091
			Y = -0.023 + 6.81(10 <sup>-4</sup> )X - 2.67(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9858	3.65	34	12753
			Y = -0.272 + 6.86(10 <sup>-4</sup> )X - 3.61(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9795	1.45	405	9501
			Mean Y = -0.064 + 6.66(10 <sup>-4</sup> )X - 3.04(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9867	2.547	96	10957
	25	5	Y = -0.377 + 7.97(10 <sup>-4</sup> )X - 3.73(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9721	2.86	470	10684
			Y = 0.959 + 4.45(10 <sup>-4</sup> )X - 1.56(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9999	2.79	>1000	14272
			Y = -1.002 + 7.94(10 <sup>-4</sup> )X - 4.48(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9999	1.01	1368	8859
			Mean Y = -0.138 + 6.79(10 <sup>-4</sup> )X - 7.26(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9948	2.211	208	11272
	30	5	Y = -0.550 + 8.18(10 <sup>-4</sup> )X - 4.09(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9218	2.34	696	10004
			Y = -0.253 + 5.87(10 <sup>-4</sup> )X - 2.96(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9923	1.54	441	9912
			Y = -1.192 + 7.40(10 <sup>-4</sup> )X - 4.24(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9739	0.83	1794	8724
			Mean Y = -0.425 + 6.32(10 <sup>-4</sup> )X - 3.32(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9459	1.409	698	9512
35	5	Y = -0.632 + 7.69(10 <sup>-4</sup> )X - 3.95(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9564	1.94	860	9732	
		Y = 0.067 + 3.69(10 <sup>-4</sup> )X - 1.97(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9272	0.76	180	9366	
		Y = -0.732 + 4.56(10 <sup>-4</sup> )X - 2.54(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9796	0.67	>1000	8969	
		Mean Y = -0.350 + 5.14(10 <sup>-4</sup> )X - 2.74(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9612	1.058	707	9378	
<i>P. quine-folius</i>	15	5	Y = -1.406 + 1.13(10 <sup>-4</sup> )X - 5.38(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9616	3.86	1327	10511
			Y = -0.404 + 9.91(10 <sup>-4</sup> )X - 4.77(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9898	3.22	416	10389
			Y = 0.712 + 2.45(10 <sup>-4</sup> )X - 1.31(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9970	0.48	>1000	9351
			Mean Y = -0.367 + 7.89(10 <sup>-4</sup> )X - 3.82(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9820	2.5132	476	7953
	20	5	Y = -0.774 + 1.00(10 <sup>-4</sup> )X - 4.96(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9935	2.89	803	10111
			Y = -0.393 + 9.38(10 <sup>-4</sup> )X - 4.26(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9993	3.61	427	11009
			Y = 0.757 + 1.82(10 <sup>-4</sup> )X - 9.70(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.8078	0.36	>1000	<1000
			Mean Y = -0.137 + 7.08(10 <sup>-4</sup> )X - 3.40(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9966	2.281	777	>20000
	25	5	Y = -1.131 + 1.06(10 <sup>-4</sup> )X - 5.50(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9872	2.49	1069	>20000
			Y = -2.229 + 1.31(10 <sup>-4</sup> )X - 6.18(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.987	3.16	>1000	10558
			Y = -0.105 + 6.21(10 <sup>-4</sup> )X - 3.69(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9842	0.013	171	8415
			Mean Y = -0.222 + 7.09(10 <sup>-4</sup> )X - 3.57(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9903	1.879	318	9929
30	5	Y = -1.117 + 9.50(10 <sup>-4</sup> )X - 5.24(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9874	1.46	1264	9062	
		Y = -0.105 + 6.21(10 <sup>-4</sup> )X - 3.69(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9842	0.37	171	8415	
		Y = 0.142 + 2.81(10 <sup>-4</sup> )X - 1.70(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.8916	0.11	507	>20000	
		Mean Y = -0.360 + 6.17(10 <sup>-4</sup> )X - 3.54(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9981	0.650	587	8718	
35	5	Y = -0.706 + 5.71(10 <sup>-4</sup> )X - 3.30(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9985	0.54	1245	>20000	
		Y = 0.324 + 1.41(10 <sup>-4</sup> )X - 8.30(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9961	0.11	>1000	8500	
		Y = -0.072 + 1.10(10 <sup>-4</sup> )X - 6.30(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.9508	0.10	682	8706	
		Mean Y = -0.090 + 2.43(10 <sup>-4</sup> )X - 1.32(10 <sup>-8</sup> )X <sup>2</sup>	0.7389	0.253	378	9212	

\*L.T.R. Light transmittance rate



이의 適合度를 檢定하였던 바 모두 決定計數 0.9 以上으로 高度의 有意한 適合度를 보여 이들 2次式으로 最大光合成 溫度를 推定하고 最大光合成 溫度를 基準으로 溫度의 增加에 따르는 光合成量의 減少傾向을 直線回歸係數를 算出하여 推定하였다. 그 結果는 Table 5에서 보는 바와 같다. 全供試種 및 溫度와 透光處理에서 最大光合成을 보이는 溫度는 最高 24°C를 넘지 않으며 또한 3個 供試人蔘에서 모두 2,000 lux에서 平均 19.9°C 내지 21.7°C였고 光度를 增加시킴에 따라 最高光合成 溫度는 이보다 顯著히 낮아졌으며 15,000 lux 下에서는 平均 11.8°C 내지 15.7°C의 範圍에서 最高光合成을 보였다.

最高光合成 溫度는 10,000 lux까지는 5% 透光區에서 24.0°C 내지 19.8°C였고 透光率이 높을수록 最高光合成 溫度는 낮아지는 傾向이 뚜렷하였다. 溫度의 上昇에 따르는 光合成量의 減少率은 3個 供試 蔘種에서 모두 光度를 增加시킬수록 顯著한 直線的인 增加를 보였던 바, 低光度下에서 보다 高光度下에서 溫度上昇에 따르는 光合成量의 減少는 더욱 뚜렷하게 나타났다.

透光率이 낮은 日覆下에서 生育시킨 잎을 陰葉이라고 하면 透光率을 높일수록 日覆下의 蔘잎은 빛에 依해 硬化되어 陽葉으로 되어간다. 日覆의 透光程度에 따라 硬化程度가 다른 蔘葉을 서로 다른 溫度 및 光條件下에서 光合成에 미치는 영향을 調査하였던 바 (Fig. 3 參照) 美國蔘은 各 溫度 및 光度下에서 모두 20% 程度의 透光率을 갖는 日覆下에서 生育시킨 잎이 最大光合成을 보였던 反面 高麗人蔘 紫葉種은 各 處理에서 15% 透光率의 日覆下에서 生育시킨 잎의 光合成이 最高값을 나타내었고 15% 以上の 透光 日覆下에서 生育시킨 잎은 透光率이 增加될수록 光合成量은 顯低한 減少를 나타내었는데 그 程度는 4,000 lux에 비해 10,000 lux 및 15,000 lux에서 컸고 또한 20°C보다는 30°C에서 더 뚜렷하였다. 그러나 溫度 및 光度에 따르는 傾向은 美國人蔘과 高麗人蔘 紫葉種이 서로 反對로 나타났다. 溫度의 上昇에 따르는 人蔘잎의 呼吸量 및 呼吸係數의 變異를 他作物과 比較하고자 콩, 무우 및 옥수수의 溫度別 呼吸量 및 呼吸係數를 測定比較하였다. 그 結果는 Table 6에서 보는 바와 같다. 絶對 呼吸量은 무우가 가장 많았고 옥수수, 콩, 人蔘의 順으로 人蔘은 他作物의 呼吸量의 1/3내지 1/5에 不過하였는데 呼吸

Table 5. Relation between temperature and photosynthesis of panax leaves under different light intensity

Panax species	Light intensity (lux)	L.T.R.* (%)	Regression		Decrease rate of photosynthesis (mgCO <sub>2</sub> /100m <sup>2</sup> /hr/log lux)	maximum photosynthesis temperature (°C)
			Equation	R <sup>2</sup>		
<i>P. ginseng</i> (Red berry)	2,000	5	$Y = -0.653 + 0.126X - 2.942(10^{-3})X^2$	0.8680	-0.0410	21.4
		15	$Y = -1.030 + 0.222X - 5.314(10^{-3})X^2$	0.9907	-0.0728	20.9
		30	$Y = 0.574 + 0.118X - 3.486(10^{-3})X^2$ $Y = -0.362 + 0.155X - 3.900(10^{-3})X^2$	0.9948 0.9822	-0.0564 -0.04032	16.9 19.9
	5,000	5	$Y = 0.343 + 0.223X - 4.771(10^{-3})X^2$	0.9275	-0.0483	23.4
		15	$Y = 1.411 + 0.165X - 4.657(10^{-3})X^2$	0.9879	-0.0682	17.7
		30	$Y = 2.492 + 0.033X - 2.114(10^{-3})X^2$ $Y = 1.500 + 0.132X - 3.683(10^{-3})X^2$	0.9975 0.9921	-0.0732 -0.05202	<10.0 17.9
	10,000	5	$Y = 1.081 + 0.323X - 8.571(10^{-3})X^2$	0.9985	-0.1474	18.8
		15	$Y = 2.108 + 0.205X - 5.485(10^{-3})X^2$	0.9969	-0.0984	18.7
		30	$Y = 6.197 + 0.089X - 6.571(10^{-3})X^2$ $Y = 3.172 + 0.143X - 4.840(10^{-3})X^2$	0.9948 0.9990	-0.1222 -0.09936	<10.0 14.8

Table 5. Continue.

Ginseng species	Light intensity (lux)	L.T.R.* (%)	Regression equation		Decrease rate of photosynthesis (mgCO <sub>2</sub> /100m <sup>2</sup> /hr- /log lux)	photosynthesis temperature (°C)
			Equation	R <sup>2</sup>		
<i>P. ginseng</i> (Yellow berry)	15,000	5	Y = 4.309 + 0.030X - 3.629(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9859	-0.1514	< 10.0
		15	Y = 2.213 + 0.163X - 5.171(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9757	-0.1290	15.8
		30	Y = -0.756 + 0.438X - 1.129(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup> Y = 1.915 + 0.211X - 6.711(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9507 0.9773	-0.1994 -0.1243	19.4 15.7
	2,000	5	Y = -0.928 + 0.159X - 3.314(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.7376	-0.0302	24.0
		15	Y = -2.313 + 0.316X - 6.657(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.6215	-0.1130	23.7
		30	Y = 1.503 + 0.029X - 4.571(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup> Y = -0.565 + 0.415X - 3.337(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.8128 0.8028	-0.0676 -0.02212	< 10.0 21.7
	5,000	5	Y = 1.527 + 0.133X - 2.971(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9166	-0.0286	22.4
		15	Y = 2.023 + 0.123X - 3.971(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9218	-0.1000	15.5
		30	Y = 0.971 + 0.127X - 3.571(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9867	-0.0696	17.8
			Y = 1.497 + 0.128X - 3.526(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9963	-0.0478	18.2
	10,000	5	Y = 0.809 + 0.227X - 4.770(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.7691	-0.0770	23.8
		15	Y = 0.753 + 0.348X - 9.229(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9950	-0.1600	18.9
30		Y = 2.899 + 0.070X - 3.429(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9339	-0.1012	10.2	
		Y = 1.479 + 0.215X - 5.820(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9861	-0.07554	18.5	
<i>P. guinguefolius</i>	15,000	5	Y = 1.715 + 0.176X - 4.724(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9748	-0.0616	18.5
		15	Y = 0.102 + 0.439X - 1.189(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.8935	-0.2272	18.4
		30	Y = 7.117 + 0.383X - 5.429(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup> Y = 2.974 + 0.078X - 3.743(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9755 0.9546	-0.112 -0.10948	< 10.0 15.4
	2,000	5	Y = -2.215 + 0.268X - 5.629(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.8110	-0.0512	23.8
		15	Y = 0.640 + 0.078X - 2.857(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9999	-0.0360	13.7
		30	Y = -0.571 + 0.186X - 4.771(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup> Y = -0.728 + 0.178X - 4.251(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9291 0.9745	-0.1140 -0.0342	19.5 20.9
5,000	5	Y = 3.121 + 0.053X - 2.971(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9830	-0.0952	< 10.0	
	15	Y = 1.176 + 0.275X - 8.114(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9923	-0.1308	16.9	
	30	Y = 0.175 + 0.146X - 3.971(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.8266	-0.0526	18.4	
		Y = 1.465 + 0.160X - 5.063(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9722	-0.0928	15.8	
10,000	5	Y = -0.103 + 0.461X - 1.166(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9991	-1.1582	19.8	
	15	Y = 0.322 + 0.495X - 1.380(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9697	-0.2684	17.9	
	30	Y = 0.771 + 0.132X - 4.029(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9937	-0.0698	16.4	
		Y = 0.338 + 0.362X - 9.8007(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9927	-0.12888	18.4	
15,000	5	Y = 4.158 + 0.0139X - 3.486(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9954	-0.1604	< 10.0	
	15	Y = 1.880 + 0.285X - 9.514(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.8776	-0.2626	15.0	
	30	Y = 0.985 + 0.072X - 2.771(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9854	-0.0665	13.0	
		Y = 2.340 + 0.124X - 5.263(10 <sup>-3</sup> )X <sup>2</sup>	0.9559	-0.1394	11.8	

\*L.T.R. : Light transmittance rate

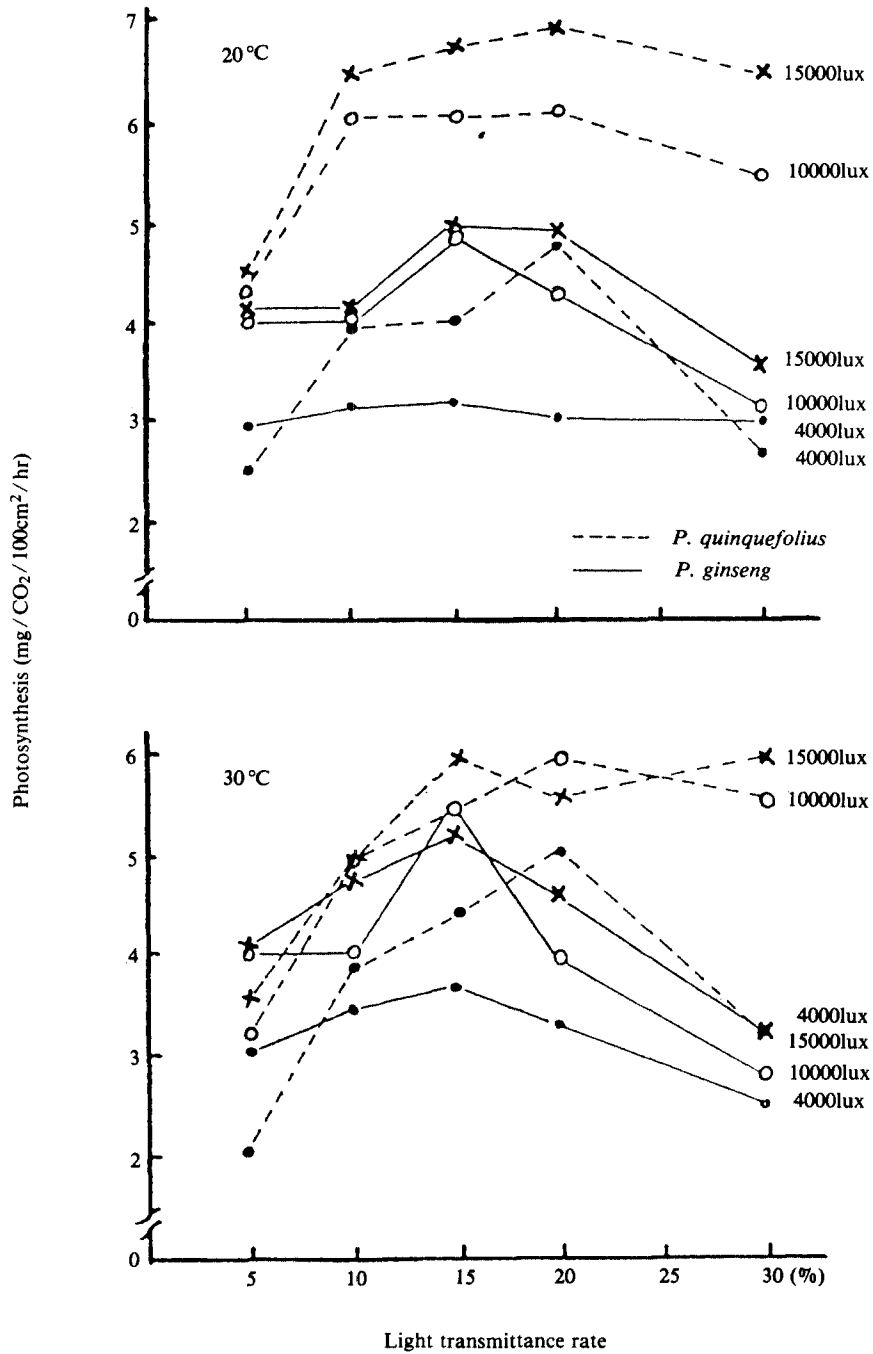


Fig. 3. Effect of Panax leaf hardening to light on the photosynthesis of leaves under the different light intensity.

係數는 他作物에 比해 人蔘이 높았으며 特히 20°C에서의 呼吸係數는 1.21내지 1.43인데 比해 人蔘은 1.97로서 顯著히 높았다.

人蔘의 種別로 各 透光率의 日覆下에서 生育시킨 人蔘잎의 溫度上昇에 따르는 呼吸量의 變異를 調査한 結果는 Table 7에서 보는 바와 같다. 供試한 紫莖種, 黃熟種 및 美國種에서 모두 溫度의 上昇에 따라 잎의 呼吸量은 顯著한 直線的인 增加傾向을 나타내었는데 溫度上昇에 따르는 呼吸量의 增加率은 紫莖種과 黃熟種에 比해 美國種에서 顯著히 높았다.

供試 蔘種別로는 黃熟種보다는 紫莖種이 높은 呼吸量을 보였으며 또한 高麗人蔘보다는 美國人蔘에서 呼吸量이 人體로 많았고 日覆透光率別로는 紫莖種과 黃熟種에서는 30% 透光區에서 그리고 美國種에서도 5% 透光區에서 각각 높은 呼吸量을 보였다.

紫莖種 人蔘을 供試하여 溫度, 光度 및 日覆下의 透光率別 光合成에 對한 呼吸의 比率(R/P ratio)을 계산한 것은 Table 8에서 보는 바와 같다. 溫度別로는 20°C에 比해 30°C에서 光度나 日覆下의 透光率에 關係없이 光合成에 對한 呼吸率이 顯著히 높아 2倍以上이었고 10,000 lux가

**Table 6.** Effects of temperature on the rate and quotient of respiration in panax

Respiration	Temperature(°C)	Soybean	Radish	Corn	Ginseng
Respiration rate (mgCO <sub>2</sub> /100cm <sup>2</sup> /hr)	10	0.93	1.56	1.42	0.29
	20	1.33	2.11	1.72	0.57
	30	2.81	3.77	2.99	0.82
	40	5.45	6.37	5.66	1.74
Respiration quotient (Q <sub>10</sub> )	20/10	1.43	1.35	1.21	1.97
	30/20	2.11	1.79	1.74	1.44
	40/30	1.94	1.69	1.89	2.12

**Table 7.** Effects of temperature on the respiration of Panax leaves grown under the different shading

Panax species	L.T.R.* (%)	Temperature(°C)				
		15	20	25	30	35
<i>P. ginseng</i> (Red berry)	5	0.41	0.50	1.08	1.34	1.90
	10	0.88	1.29	1.48	1.67	2.05
	20	0.88	1.23	1.55	1.70	2.17
	Mean	0.72	1.00	1.37	1.57	2.04
<i>P. ginseng</i> (Yellow berry)	5	0.32	0.94	1.03	1.21	1.49
	10	0.31	0.66	0.78	1.02	1.26
	20	0.25	1.25	1.47	2.18	2.85
	Mean	0.46	0.95	1.09	1.47	1.87
<i>P. quinquefolius</i>	5	0.28	2.16	2.65	3.39	3.85
	10	0.19	0.37	0.90	1.23	1.21
	20	0.24	0.48	0.70	0.92	1.13
	Mean	0.23	1.00	1.42	1.85	2.06

\*L.T.R.: Light transmittance rate.

지는 20°C 및 30°C에서 모두 光度가 增加함에 따라 R/P율이 거의 直線的인 減少를 나타내었으나 10,000 lux와 15,000 lux間에는 R/P율의 差異가 거의 없었다. 또한 20°C에서는 5%와 10% 透光率間에 R/P율의 差異가 거의 없었으나 20% 以上 透光率이 增加되면 R/P율도 顯著的한 增加를 보였는데 反해 30°C에서는 5% 透光率下에서 生育된 잎의 R/P율이 가장 낮았고 透光率이 많아 질수록 R/P율은 顯著히 增加되었으나 20% 및 30% 透光率間에는 거의 差異가 없었다.

紫萼種 人蔘잎의 CO<sub>2</sub> 吸入 및 排出의 日變化를 日覆下의 透光率別 그리고 栽植 位置別로 調査한 結果는 Fig. 4와 같다. 먼저 5% 透光率 日覆下에서의 人蔘葉의 CO<sub>2</sub> 吸入 및 排出의 日變化를 보면 各行 共히 午前 5時 45分頃 排出에서 吸入으로 轉換을 보여, 呼吸量보다는 光合成量이 많아지기 始作하였고 1行과 3行에서는 午前 9時에 CO<sub>2</sub> 吸入量이 最高를 보였고 그후부터 徐徐히 減少되었으나 後行에서는 12時頃에 最高 CO<sub>2</sub> 吸入量을 보였다가 그후 漸減 各行에서 모두 19時 20分頃 다시 吸入量보다 排出量이 많아지기 시작하였다. 15% 透光率의 日覆下에서는 5%區보다 CO<sub>2</sub> 吸入量이 排出量을 超過하는 時間이 빨라져 午前 5時頃이었고 7時까지는 CO<sub>2</sub> 吸入量의 급격한 增加를 보여 各行에서 모두 9時에 CO<sub>2</sub> 吸入의 peak를 보였으며 다시 減少되기 시작하여 14時까지는 CO<sub>2</sub> 吸入量이 顯著히 減少되는 傾向이었으나 14時 以後 다시 增加하기 시작하여 17時에는 各行에서 모두 第2의 CO<sub>2</sub> 吸入 peak를 나타내었으며 이후 吸入量은 減少되고 19時 45分頃 各列에서 모두 CO<sub>2</sub> 排出量과 吸入量의 一致點을 나타내었다.

한편 20% 透光率의 日覆下에서는 5時頃 CO<sub>2</sub> 吸入量이 排出量을 超過하기 시작하였고 第1行에서는 7時에 CO<sub>2</sub>의 最高吸入量을 나타내었으며 第3行과 第5行에서는 9時에 最高吸入量을 보였고 1行과 5行에서는 14時까지 CO<sub>2</sub> 吸入量의 減少를 보이다가 17時에 다시 第2의 CO<sub>2</sub> 吸入 peak를 보였으나 第3行에서는 17時까지 徐徐히 CO<sub>2</sub> 吸入量이 減少되었고 各行 모두 17時 以後 CO<sub>2</sub> 吸入量의 급격한 減少를 보여 19時 25分頃 CO<sub>2</sub> 吸入量은 排出量을 下回하기 시작하였다. 各 透光率의 日覆下에서 모두 CO<sub>2</sub> 吸入量의 頂點에서는 第1행의 잎이 가장 많은 CO<sub>2</sub>의 吸入을 보였고 다음이 3行 그리고 5행의 順이었으나 11時내지 12時 以後부터는 5% 및 15% 透光區에서는 行間差異가 거의 없었고 20% 透光區에서는 9時부터 17時까지 第3행의 CO<sub>2</sub> 吸入量이 1行 및 5行에 비해 顯著히 많았으나 17時 以後는 行間 吸入量의 差異가 크지 않았다. 또한 全體的인 CO<sub>2</sub> 吸入量은 5% 透光區에 비해 15 및 20% 透光區에서 顯著히 많았으며 19時부터 翌日 午前 5時頃까지 CO<sub>2</sub> 排出量에 있어서는 透光程度의 差異나 行間에 큰 差異를 보이

**Table 8.** Effect of temperature and light intensity on the percentage of respiration to photosynthesis under the different shading in ginseng.

(%)

L.T.R.* (%)	Temp. Lux	20°C				30°C			
		2000	5000	10000	15000	2000	5000	10000	15000
5		40.2	17.7	8.7	8.7	59.5	30.3	19.6	19.6
10		38.0	20.6	8.1	9.1	95.5	42.0	26.1	26.5
20		43.5	22.3	13.8	12.3	121.3	51.4	30.3	30.0
30		82.6	30.0	14.2	16.6	121.3	55.2	32.2	32.2
Mean		47.3	21.6	12.9	12.6	104.5	47.9	29.9	29.3

\*L.T.R.: Light transmittance rate.

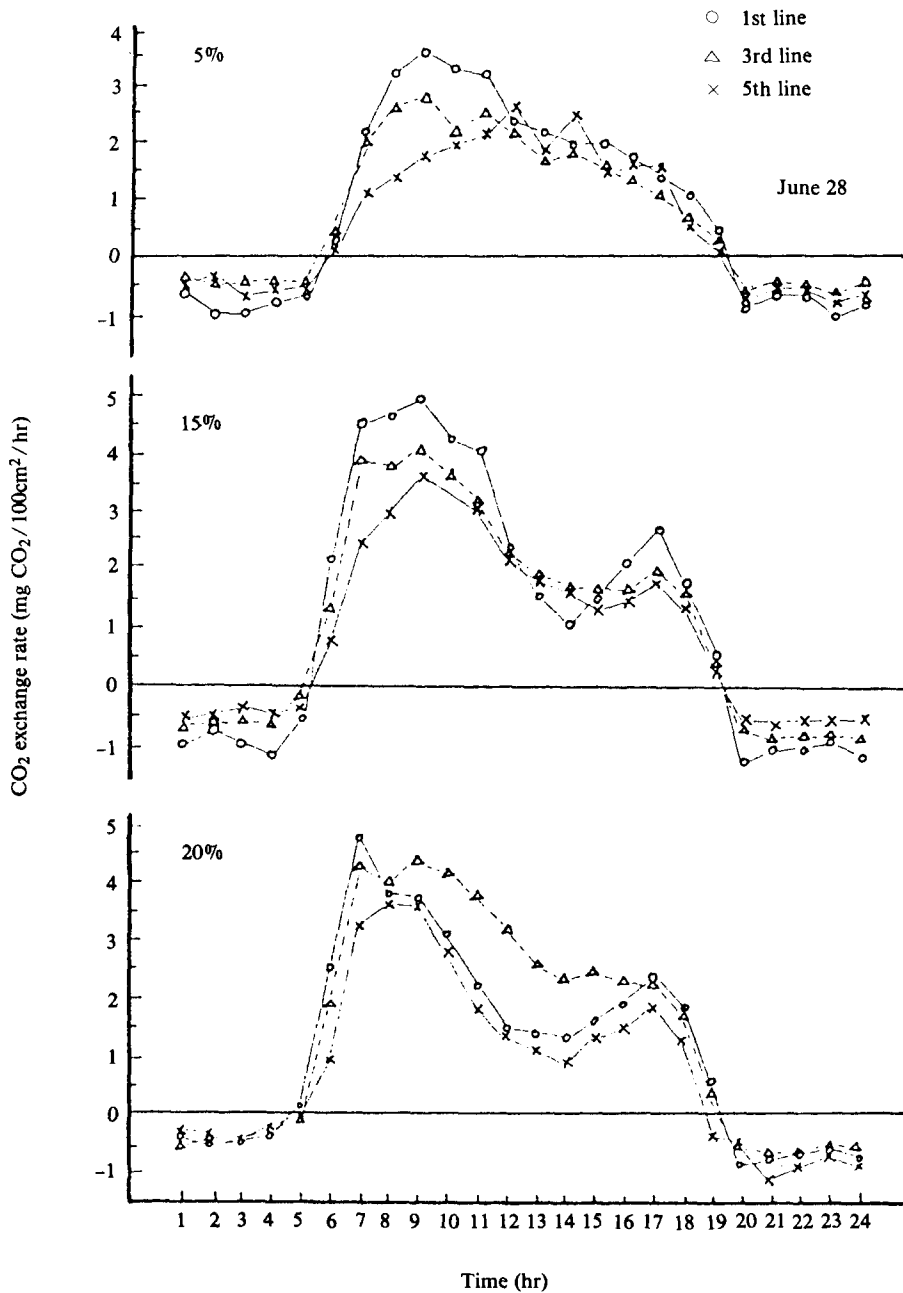


Fig. 4. Diurnal change of CO<sub>2</sub> exchange rate from ginseng leaves under the different light transmittance rate.

지 않았고 0.5-1.0 mg 程度였다. 한편 5月 26日부터 29日까지 3晝夜間 日覆의 透光率에 따르는 人蔘잎의 光合成 시작 및 終了時間과 平均 光合成 및 呼吸量을 調査한 結果는 Table 9에서 보는 바와 같다.

5% 透光 日覆下에서의 人蔘잎의 光合成 始作時間은 6時내지 6時 45分이었었고 15%區에서는 5時 45分내지 6時 5分이었으며 30% 透光 日覆下에서는 5時 30分내지 6時로서 가장 빨랐고 光合成 終了時間은 5%區에서는 18時 30分내지 19時 10分, 15%區에서는 19時내지 19時 30分 그리고 30%區에서는 19時내지 19時 40分이었다. 또한 日覆透光率間 平均光合成量은 5%區에서 가장 낮았고 15%區에서 가장 높았으며 呼吸量은 15%區와 30%間에는 거의 差異가 없었고, 이에 比해서는 5%區의 呼吸量이 약간 적은 傾向이었다.

CO<sub>2</sub> 濃도가 人蔘의 光合成에 미치는 影響을 調査한 結果는 Fig. 5와 같은데 約 500 ppm까지는 CO<sub>2</sub>를 增加시킬수록 光合成量은 거의 直線的인 增加를 보였고 600 ppm 以上에서는 CO<sub>2</sub> 濃度を 增加시켜도 光合成의 增加는 거의 없이 CO<sub>2</sub> 飽和點을 보였으며 CO<sub>2</sub> 補償點은 130 ppm이었다.

人蔘은 供試 他作物에 比해 현저히 光飽和點이 낮았는데 이는 人蔘의 잎이 가지는 shade leaf(陰葉)으로서의 特性이며 光度增加에 따르는 光合成量의 增加率이 옥수수에서 가장 높았던 것은 옥수수는 C<sub>4</sub> 植物로서 갖는 光合成의 特性에 기인된 結果<sup>18-21)</sup>이다. 人蔘이 콩이나 무우보다 光度增加에 따르는 光合成 增加率이 낮았던 것은 6,000 lux 程度까지는 人蔘이 무우나 콩에 比해 光合成量이 오히려 약간 많았던 點을 고려하면 人蔘은 10,000 lux 以上에서는 光度의

**Table 9.** Beginning and ceasing times of photosynthesis of ginseng leaves under the different shading

L.T.R.* (%)	Date	Photosynthesis Beginning (A.M.)	Ceasing (P.M.)	Average photosynthesis	Average respiration	Temperature (°C)	Light intensity(lux)	
5	May 26		7:00	—	-0.68	19.3	—	
		6:30	6:30	1.89	—	27.3	4296	
	28	6:45	7:10	—	-0.47	23.0	—	
					1.85	—	23.2	4096
		6:00		—	-0.23	17.7	—	
15	May 26		7:00	—	-0.73	19.3	—	
		6:05	7:10	3.52	—	27.8	11868	
	28	6:00	7:30	—	-0.61	23.0	—	
					2.66	—	23.0	9218
		5:45		—	-0.35	17.7	—	
30	May 26		7:00	—	-0.94	19.3	—	
		5:45	7:20	2.91	—	27.8	—	
	28	6:00	7:40	—	-0.48	23.0	—	
					2.77	—	23.2	—
		5:30		—	-0.20	17.7	—	

\*L.T.R.: Light transmittance rate

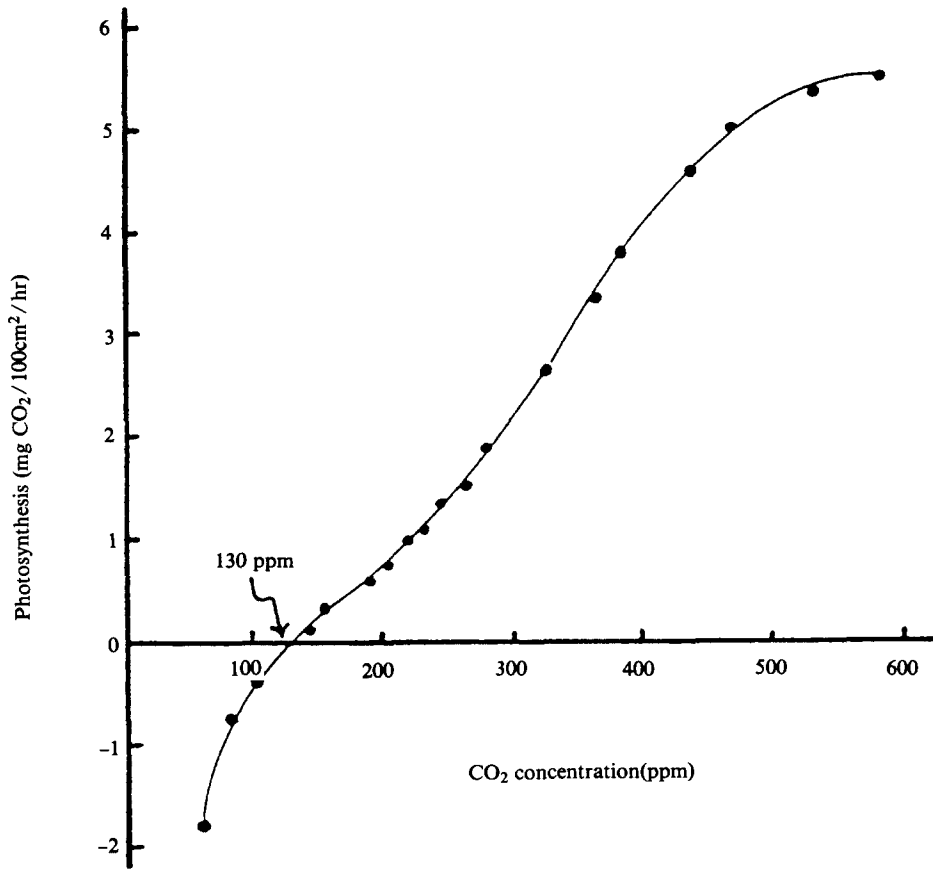


Fig. 5. Effect of CO<sub>2</sub> concentration on the photosynthesis of *P. ginseng* (4-year-old red berry).

增加에 따라 光合成이 더 以上 增加되지 않은 反面 무우와 콩에서는 15,000 lux까지도 계속 光合成이 增加된데 기인된 結果이다. 이는 陰地性 植物이 陽地性 植物보다 光飽和狀態에서는 光合成率이 떨어지나 低光下에서는 오히려 陰地性 植物이 光合成率이 높아서 弱光에서는 光合成이 効率的임을 나타낸 結果<sup>22)</sup>와 一致한다. 따라서 5,000~6,000 lux까지만 光度增加에 따르는 光合成增加率을 算出한다면 人蔘과 콩 및 무우間에는 光合成 增加率에 差異가 없을 것으로 본다.

5%나 30% 透光率의 日覆下에서 生育시킨 잎보다는 15% 透光率의 日覆下에서 生育시킨 잎의 光合成能力이 各 光度, 溫度 그리고 品種에서 모두 最高 光合成을 나타내었던 것은 金 등<sup>1)</sup>의 最適光量 8%라는 報告나 栗林 등<sup>2)</sup>이 報告한 5~10%보다는 현저히 높은 光度인데 本 實驗에서는 15% 透光率의 日覆下에서 生育시킨 잎의 光合成能力을 다양한 光度條件과 溫度條件, 그리고 서로 다른 品種에서 比較하여 測定하였으므로 金<sup>1)</sup>이나 栗林 등<sup>2)</sup>이 報告한 最適日覆透光率보다는 신빙성이 높을 것으로 고려된다. 또한 本 實驗에서 얻은 最適光合成 光度는 10,000 lux였는데 이는 溫度, 人蔘의 品種, 그리고 잎을 生育시킨 日覆의 透光率에서 모두 類似한 傾向을 나타내었던 바 栗林 등<sup>2)</sup>이 報告한 2,000~4,000 lux나 宮澤 등<sup>3)</sup>이 報告한 3,000~4,000



lux보다 현저히 높았는데 이들이 報告한 光度보다는 本 實驗에서 多角的인 條件下에서 檢討된 10,000 lux 附近에 光合成最適光度로 더욱 新빙성 있게 생각되며 各 供試條件下에서 光合成과 光度間의 關係를 推定한 2次曲線回歸을 利用하여 算出한 最高光合成光度도 各 供試條件에서 대체로 9,000~11,000 lux로 나타났다.

本 實驗의 結果에서 溫度도 蔘잎의 光合成에 對해 各 供試種 및 品種에서 光度와 마찬가지로 高度로 有意한 影響을 미치고 있음을 確認할 수 있었으며 光度에서와 마찬가지로 溫도의 變化에 對한 光合成의 變異는 2次曲線回歸을 잘 만족시키고 있었는데 2次曲線式으로 推定한 最大光合成 誘起溫度는 最高 24°C 以下이며 人蔘을 生育시킨 日覆條件 平均植로는 21°C 以下로서 曹<sup>12)</sup>가 提示한 人蔘의 正常莖의 伸長 및 展葉溫度 17~21°C 와 잘 부합되며 朴 等<sup>23)</sup>이 推定한 15~20°C 와도 一致하는 結果를 보였다.

人蔘의 光合成을 위시한 生理的 特性和 아울러 生育을 制限하는 要因으로서 光度와 溫度는 各各 중요한 要素이나 실제적인 問題로는 이 兩大 要因이 항상 동시에 作用하므로 이들 要因의 單純效果보다는 두 要因間의 交互作用의 分析이 더 중요한 것으로 思料되어 交互作用의 有無를 檢定하였던 바 各 供試種내지 品種에서 모두 溫도와 光度의 두 要因間에 高度로 有意한 交互作用이 認定되었다. 金<sup>10)</sup>은 光合成 最適溫度는 日覆內 栽植位置에 관계없이 25°C 라 하여 交互作用을 무시하였으나 朴<sup>15)</sup>, 李 等<sup>17)</sup>은 溫度에 따라 最適光度가 달라짐을 單편적으로 報告한 바 있는데 本 實驗의 結果에서 溫도와 光度間 交互作用을 考察해 보면 氣溫이 上昇될수록 光度增加에 따르는 光合成增加率은 현저한 減少를 보였고 또한 15°C 내지 20°C 에서는 紫莖 및 黃熟種에서 모두 最大光合成光度가 11,000 lux 부근으로 높았으나 25°C 以上の 溫度條件에서는 最大光合成光度가 9,000 lux 內外 혹은 그 以下로 현저히 낮아 各 溫度에 있어서의 光度의 效果가 현저히 相異하였다. 또한 2,000 lux 光度下에서는 最高光合成 最適溫度가 19.9 내지 21.7°C 였는데 比해 光度를 增加시키기에 따라 最適光合成溫度는 15.7°C 혹은 그 以下로서 光度에 따라서 光合成에 對한 溫도의 效果가 현저히 다른 方向으로 나타났다.

人蔘잎을 生育시킨 日覆下의 透光率 즉 人蔘잎의 빛에 對한 硬化程度가 光合成에 미치는 影響을 보면 紫莖種에서는 15% 透光率의 日覆下에서 生育된 잎이 20°C 및 30°C 그리고 4,000 lux, 10,000 lux 및 15,000 lux의 光度下에서 모두 最高의 光合成을 나타내었던 點은 現在까지 慣行으로 利用되어온 日覆의 透光率이 人蔘잎의 最高 光合成을 위해서는 현저히 不足하다는 點을 강력히 示唆하고 있으며 栗林 等<sup>21)</sup>이 報告한 最適光量 5~10%는 人蔘잎의 最大物質生産에는 현저히 不足하다 하겠고, 金<sup>24)</sup>이 推定한 8%의 光量보다는 19%의 光量에서 最高物質生産이 기대된다는 추측을 具體化하고 있으며 李 等<sup>17)</sup>의 實驗에서도 本 實驗과 유사한 結果를 報告한 바 있다. 그런데 本 實驗의 結果에서는 低光度에서의 光合成은 人蔘잎의 光에 對한 硬化程度에 따라 큰 差異를 보이지 않았으나 10,000 lux 以上の 高光度下에서의 光合成은 5~10%下의 낮은 透光率 日覆下에서 生育시킨 陰葉이나 25~30%의 아주 높은 透光率下에서 生育시킨 陽葉보다 15% 透光率의 日覆下에서 生育시킨 잎의 光合成能力이 현저히 높아 잎이 光에 對한 硬化程度가 低光度下에서는 잎의 光合成에 큰 影響을 미치지 않으나 10,000 lux 以上の 高光度下에서의 잎의 光合成에는 현저한 影響을 미친다는 點이 크게 注目된다. 한편 美國人蔘의 경우 10,000 lux 以上の 光度下에서의 光合成은 5% 透光率의 日覆下에서 生育시킨 陰葉에서는 光合成程度가 현저히 낮았으나 10~15% 以上の 透光率日覆下에서 生育시킨 잎의 光合成은 增加를 보여 紫莖種과는 약간 다른 傾向을 보였다.

人蔘잎의 呼吸量은 供試한 무우 및 옥수수보다 各 溫度에서 현저히 적었는데 이는 人蔘이 日覆下에서 生育되기 때문이다. 紫莖種 및 黃熟種 人蔘의 呼吸量은 溫度를 上昇시키기에 따라 현저

한 直線的인 增加를 보였고 또한 5% 透光日覆下에서의 生育된 陰葉보다는 15% 및 13% 透光率의 日覆下에서 生育된 잎에서 현저히 呼吸量이 많았는데 朴等<sup>1)</sup>도 25°C까지는 溫度의 上昇에 따라 暗呼吸은 거의 直線的인 增加를 보였다고 報告하였다. 金<sup>2)</sup>은 4行보다는 受光量이 현저히 높은 1行에서 呼吸率에 높다고 報告하였던 바 本實驗의 結果와 부분적으로 잘 一致하고 있었다. 또한 光合成에 對한 呼吸率에 있어 20°C에서 보다 30°C에서 呼吸率에 높았던 것은 20°C에 비해 30°C에서 呼吸量은 增加하는 反面 光合成은 減少되었기 때문이며 2,000 lux의 低光度에서 보다 10,000~15,000 lux의 높은 光度에서 呼吸率에 낮은 것은 2,000 lux에 비해 10,000~15,000 lux에서 光合成量이 많았던데 기인하는 結果이고 5%보다는 日覆下 透光率에 높은 日覆에서 生育된 잎의 呼吸率에 높았던 것은 陰葉과 陽葉間의 光合成量의 差異보다는 陰葉에 비해 陽葉에서 呼吸量이 많았던데 기인하는 結果로 思料된다.

5% 透光日覆下의 後行의 人蔘잎이 12時에 最高 CO<sub>2</sub> 吸入量을 보였던 점은 後行의 光量이 人蔘의 光合成에 현저히 未達하여 光量의 增加에 따른 光合成 增加의 結果이나 5%區의 前行과 中行 그리고 15%區의 各行에서는 午前 9時頃 最大 CO<sub>2</sub> 吸入을 보였던 바 이는 光量이 光合成에 적합하면서 氣溫이 낮아 光合成量이 最高에 이르는 반면 呼吸量이 적었던데 기인된 結果이다. 20% 透光日覆에서는 午前 7~9時에 各行에서 모두 CO<sub>2</sub> 最高吸入量을 보였는데 이는 透光率에 높았기 때문에 最適光合成量 및 溫度와 最低呼吸溫度가 前者에 비해 約 2時間 앞당겨진 結果로 본다.

한편 15% 및 20% 透光日覆區에서는 午後 2時頃 最低 CO<sub>2</sub> 吸入量을 보였는데 이는 日中氣溫이 가장 높고 또한 光度도 높아 光呼吸이 急增하였던 結果가 아닌가 생각되나, 아직 人蔘의 光呼吸에 對해서는 研究報告된 바가 없고 또한 本實驗에서도 이를 測定하지 않았기에 앞으로 研究되어야 할 중요한 課題라 하겠다. 한편 午後 5時頃 15 및 20% 透光區에서는 第2의 CO<sub>2</sub> 吸入頂點이 나타났는데 이는 氣溫의 下降으로 다시 呼吸量이 低下되는 反面 光合成은 正常的으로 일어날 수 있었기 때문이며 午後 5時 以後부터는 光合成에 필요한 絶대 光量이 不足되기 시작하였던데 기인된 結果이다. 人蔘잎의 光合成에 미치는 CO<sub>2</sub> 濃度の 영향에서 CO<sub>2</sub> 補償點은 130 ppm으로 測定되었는데 아직 人蔘에 對해서는 CO<sub>2</sub> 補償點이 다른 研究者들에 依해서는 測定된 바 없어 이 實驗의 結果를 再確認할 수는 없다.

## 요 약

溫度 및 光度가 人蔘의 光合成 및 呼吸에 미친 影響을 검토하였던 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 溫度 및 光度와 人蔘의 光合成間에는 高度로 有意한 2次曲線回歸가 認定되었으며 光合成에 對한 溫度와 光度의 效果間에는 高度로 有意한 交互作用이 認定되었다.
2. 光度의 上昇에 따르는 光合成 增加率은 溫度가 높아질수록 현저한 減少를 보였고 光補償點은 溫度에 따라 현저한 差異를 보였으며 各 溫度의 平均 光補償點은 약 600 lux였다. 그리고 高麗人蔘의 경우 最大光合成光度는 15°C 및 20°C에서는 11,000 lux였고 25°C 以上에서는 9,500 lux內外였다.
3. 溫度의 上昇에 따르는 光合成의 減少率은 光度를 높일수록 현저히 크게 나타났으며 光合成 最適溫度는 15~22°C로서 光度를 높일수록 最適溫度는 현저히 낮아지는 傾向을 보였다.
4. 透光率 15% 日覆下에서 生育한 잎의 光合成量이 가장 높았고 5% 透光率에 비해 30%

透光率에서 生育된 잎의 呼吸量이 현저히 많았으며 또한 溫度가 높을수록 呼吸量은 현저히 增加되었다.

5. 呼吸率은 高溫에서 높았고 光度가 높을수록 낮아졌으며 日覆下의 透光率이 높아질수록 현저히 增加되었다.

6. 日中 最大 CO<sub>2</sub> 吸收은 5% 및 15% 透光日覆下에서 午前 9時에 그리고 20% 透光日覆下에서는 午前 7~9時頃에 일어났으며 透光率이 높은 日覆下에서 CO<sub>2</sub> 吸入 期間은 현저히 길었다.

7. 人蔘잎의 光合成에 있어서 CO<sub>2</sub> 補償點은 130 ppm이었다.

### 인용문헌

1. Kim, J.H.: *Seoul Univ. J. (B)*, **15**, 94 (1964).
2. 栗林登喜子, 大橋裕: *生藥學雜誌* **25**, 110(1971).
3. 宮澤洋一: *農業および園藝* **50**, 117(1975).
4. Mcderment, R.: *Proc. 1st National Ginseng Conf.* **33** (1979).
5. Morris, M.: *Proc. 1st National Ginseng Conf.* **110** (1979).
6. 大隅敏夫: *農業及園藝* **3**, 65(1956).
7. Proctor, J.T.A.: *Proc. 3rd National Ginseng Conf.* **22** (1981).
8. Stolt, L. and Garland, P.: *Proc. 2nd National Ginseng Conf.* **43** (1980).
9. Sutter, R.: *Proc. 3rd National Ginseng Conf.* **17** (1981).
10. Kim, J. H.: *公州師大 論文集* **2**, 1(1964).
11. Kuribayashi, T., Okamura, M. and Ohashi, H.: *Syoyakugaku Zasshi* **25**, 102 (1971).
12. 曹在星: *韓作誌* **24**, 75(1979).
13. Leonard, P.S. and Garland, P.: *Proc. 2nd National Ginseng Conf.* **43** (1980).
14. 朴薰: *高麗人蔘學會誌* **3**, 156(1979).
15. 朴薰, 李鍾華, 裴孝元, 洪榮杓: *韓土肥誌* **12**, 49(1979).
16. 朴薰: *Proc. 3rd Internal Ginseng Symposium*, **8**(1980).
17. 李鍾喆, 千成基: *韓作誌* **25**, 91(1980).
18. Dale, N.M., Robert, B.M. and Edger, R.L.: *Crop Sci.* **1**, 83 (1961).
19. John, D.H. and Musgrave, R.B.: *Crop Sci.* **2**, 311 (1962).
20. Roberts, W.P. and Troughton, J.: *Plant Physiol.* **55**, 1054 (1975).
21. Sharkawy, M.E., Hesketh, J. and Muramoto, H.: *Crop Sci.* **5**, 173 (1965).
22. Bohning, R.H. and Burnside, C.A.: *Am. J. Bot.* **43**, 557 (1956).
23. 朴薰, 柳基中, 李鍾律: *高麗人蔘學會誌* **6**, 10(1982).
24. Kim, J.H.: *J. Nat. Acad. Sci. ROK*, **5**, 1 (1964).